

Title	循環機能及び尿中電解質排泄量に対するトレーニングの影響：第1報 生体の生理的諸反応のアンバランスについて
Author(s)	辻, 忠
Citation	大阪外国語大学学報. 29 p.389-p.402
Issue Date	1973-02-28
oaire:version	VoR
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/80490">https://hdl.handle.net/11094/80490</a>
rights	
Note	

*Osaka University Knowledge Archive : OUKA*

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

# 循環機能及び尿中電解質排泄量 に対するトレーニングの影響

第1報 生体の生理的諸反応のアンバランスについて

辻

忠

## Influence of Exercise Training on Circulatory Function and Urinary Excretion of Some Electrolytes

Rep. 1 On Unbalance of Physiological Responses in Man

Tadashi TSUJI

A series of experiments were carried out for the purpose of investigating the changes of circulatory functions and body fluids, especially urinary excretion of electrolytes (Na and K) and acid-base balance due to heavy exercise training, and some discussions were made on the relation between physical fitness and fatigue.

The healthy male adult who served as the subject was requested to run on a treadmill, at the speed of 240m per minute for five minutes. The inclination of the treadmill was set at 0%. The experiment continued for four weeks. Each time urine was collected before and after the training.

Results obtained are as follows:

1) Regarding the heart rate in a relative resting, a slight decline was observed due to the exercise training through the whole experimental period, as well as a decrease of heart rate at the end of the training load. But the changes of heart rate were not smooth at the third week of the experiment.

2) In the level of pattern, urine volume, pH, urinary excretion of Na and Na/K ratio were lower after the training than before the training at the whole experimental period. Urinary output of titratable acidity and ammonia increased after the training. The amplitude of Na and urine volume extremely diminished at the third week of the training, therefore the total excretion of Na and urine decreased. Hourly excretion of 17-OHCS increased gradually after the training through the whole experimental period, and the

increase was especially conspicuous at the third week.

3) An inverse correlation was found between urine pH and urinary output of ammonia and its concentration. Accordingly, acid urine formation was remarkable after the training at the whole experimental period, especially at the third week.

4) An inverse correlation was found between Na/K ratio in urine and urinary concentration of ammonia and that of titratable acidity, and Na/K ratio in urine bore a positive correlation with pH in urine. Therefore it was considered that the total excretion of urinary ammonia showed a relative increase against the decrease of Na after the training of the whole experimental period and at the third week. This is probably because an ionic exchange of  $H^+$  with  $Na^+$  occurred through the cell membrane of the renal tubule.

5) From these results, it has been already demonstrated that physical fatigue can cause the above mentioned change of the levels, so that it seems to give striking effects on the process of circulatory functions.

生体の内部環境は、生体にまつわる外界に対して一定の幅のある恒常性をもつことが必要である。もしも激しい運動を行なって酸素が不足したならば、さっそく呼吸を激しくして不足した分の酸素を補わなければならない。もしこのような調整がうまく行なわれなかったとき、生体は自覚的に不快を生じて疲労状態すなわち疲労感におちいることになる。また疲労を考えた場合、運動に慣れている者と、いない者とは、同じ運動を行なってもその疲労の程度には大きな差がでてくる。これを体力との関連においてみると、生体の内部環境能力は体力および運動能力の限界を決める重要な要因となる。

したがってここでは運動であれ、労働であれ、それがストレスとして生体に諸変化を及ぼし常に防衛的であっても、別の刺激に対する抵抗がかえって減退する場合もあると考えられる。

いずれにしてもストレスに対する生体の内部環境の変化は、かなり激しいものと思われるが、生体細胞の生命過程に本質的な役割を果している電解質の体内変動に対してはいろいろの観点から明らかにしたものがある<sup>7)10)12)14)15)17)</sup>。

それらによれば、種々の負荷条件にまつわる疲労との関連性が検討され、尿中  $Na$ 、 $K$  および  $Na/K$  比の変動が招来されたと報告している。一方杉本<sup>13)</sup>、藤本<sup>2)</sup>らは正常犬に酸を注入してアシドーシスを起こしたときの酸塩基平衡を報告している。

トレーニングが体力養成を目指して連日行なわれるならば、運動によって体内に乳酸が産出され、一時的に酸性化をひき起こすことは広く知られている。また著者ら<sup>9)10)</sup>はかつて身体疲労徴候群のなかでも、とくに精神的要素を含んだ疲労自覚徴候と心肺係数との間に高い逆相関を認め、疲労感が循環機能を左右する重要な因子となっていることを報告した。

したがって、今回は連日のトレーニングにおける体力の変動と尿中電解質を中心に、さらに17-OHCS 排泄量との関連について検討し、生体機能への影響を検索したところ若干の知見を得たので報告する。また疲労と循環機能との関係の詳細についてもあわせて検討した。

## 実験方法

トレーニングを行なう場合、大切な条件として運動処法を如何にするかということである。まず本実験を始めるにあたり、それをみいだす手がかりとして、日常スポーツ活動を行なっていない健康な大学男子学生5名を中心に予備実験を行なった。

運動負荷としてはトレッドミルを選び、運動時間5分、トレッドミルの傾斜角度  $0^{\circ}$  にして、負荷強度は 80m/min. から 300m/min. に至る間を20m/min. ごとに変化させていった。また同一被検者に対しては、この運動負荷前後の一定時間域に採尿を行ない、所定の方式により尿中排泄物質のパターンを検討した。一般に運動強度とこの尿中排泄物量との間には、その強度に対応して生体防衛機構の排泄パターンは歪を受けるということが広く知られている<sup>13)</sup>。そのため予備実験における両者の関係から、ストレッサーとみなされるのは大体220~240m/min. ぐらいであった。

次に本実験として被検者 (T. T.) に対し、連日トレーニングを行なわせた。トレーニングとしてのトレッドミル走は、その傾斜角度  $0^{\circ}$ 、運動時間5分で、速度はさきの予備実験より得た資料を基礎にして 240m/min. とした。またトレーニングが1週間経過するごとに、心拍数および尿中電解質の性状を観察した。尿中電解質の Na, K 等の排泄は食事および飲水量に左右される<sup>13)14)</sup>といわれていることから、昼食の食事質量は常に一定とし、お茶の量も昼食時のみに茶わん1杯で、実験終了まで一際飲食を摂らせなかった。また食後の尿中電解質は時間経過により一定の変動パターンをもち、この変動が作業負荷によって違ったパターンを示すとされている。<sup>12)14)15)</sup>したがって食事時刻および採尿時刻を規定したことはいうまでもない。すなわち次の如くである。

Time No.	放 尿	第 1 回	第 2 回	第 3 回	第 4 回
11:00	12:30	13:15	14:00	14:45	15:30
(昼食)		(放尿後 45分)	(運動負 荷直前)	(運動負荷 後 45分)	(運動負荷後 1時間30分)

採尿後直ちに尿量を測り、pH、滴定酸度、Na, K,  $\text{NH}_4$  等を測定した。

尿 pH の測定は東亜電波 pHメーター HM-5A 型を用い、滴定酸度はこの pH メーターにより一定の尿を pH 7.4 まで滴定することによる消費した 0.1 N-NaOH (または 0.1 N-HCl) 量から算出した。Na および K は I. L. 社の自動希釈装置付 Flame Photometer 143 型を用い、 $\text{NH}_4$  は Conway の微量拡散法<sup>6)</sup>、17-OHCS 排泄量は Cortisol-Test wako によって行なった。

心拍数は胸骨誘導によりフクダ TPE-11 型テレメーターで、フクダ SCC-1 A 心電計で記録したものをを用いた。

体重測定は人体天秤により、第1回と第2回採尿の時間内に行なった。測定時の被検者の衣服はパンツ1枚であったが、運動後の体重測定時には、タオルで全身ににじんだ汗を拭かせるとともに、運動中汗で湿ったパンツは測定初期と同種のものに脱ぎかえさせて、衣服への汗の附着を

さけた。したがって運動によって生じた体重減少量を総汗量とみなした。

## 結 果

### 1) トレーニングによる心拍数の変動

実験は走行速度、走行時間、傾斜角度をすべて一定にして、連日トレーニングを継続し、この

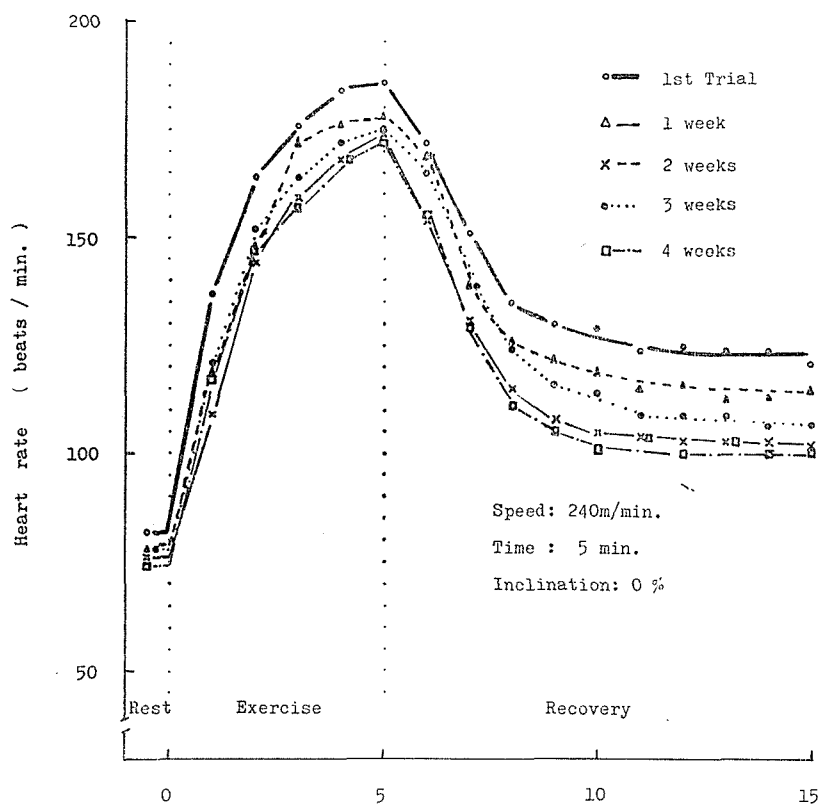


Fig. 1 Changes in heart rate due to training of running at fixed speed, duration and inclination of treadmill

間に生じたトレーニング効果を心拍数の変動から観察しようとして示したのが第1図・第1表である。

**Table 1** Changes in heart rate due to training by treadmill running (5min. running at the speed of 240 m/min. and the inclination of 0%)

	Max. H. R. during exercise	Recovery rate of H. R. in 2 min. of recovery	Recovery rate of H. R. in 5 min. of recovery
The 1st trail	186 beats/min.	33.7%	56.7%
1 week after training	178	39.1	61.2
2 weeks after training	174	43.9	70.4
3 weeks after training	175	36.9	64.6
4 weeks after training	172	43.9	72.4

図の太い実線は、トレッドミル走行実験の初日の心拍数の変化をあらわし、トレーニング開始後1週間、2週間、3週間および4週間目のそれを同時にあらわしている。一方表には、運動終了時の心拍数および心拍数回復率を次の算式<sup>20)</sup>より求めて表示した。

$$\text{心拍数回復率(\%)} = \frac{(\text{運動終了時の心拍数}) - (\text{運動後の心拍数})}{(\text{運動終了時の心拍数}) - (\text{安静時の心拍数})} \times 100$$

この場合、運動終了時の心拍数を基準として、安静時の心拍数に回復したときに100%となる。すなわちこの割合が大きくなればなる程循環機能が向上したことを示し、運動における生体の効率の良好さを物語るものである。

なお、表示している1分間当りの心拍数は、心電計に記録されたR波を読み取ったものである。

図表より安静時、運動時、回復時の心拍数の変動を概観すると、遂次的に心拍数減少の傾向が認められ、とくに運動開始初期の1～2週間目のそれに著明となっている。すなわち安静時の心拍数が少なく、運動に対する心拍数の増加も少ない、また回復も速やかである。これはトレーニングの影響により循環機能が向上したことを示唆している。しかし運動開始3週間目の安静時および運動時の心拍数は、2週間および4週間目のそれに比べて高く、また回復時の心拍数の時間経過も著明に遅れている。その原因として連日のトレーニングや生活環境からの疲労が作用して、循環機能に悪影響を及ぼしたのではないかと考えられるが、詳しくは考察の部で再び論ずることにしたい。

## 2) 体重・尿量の遂過的経過

連日のトレーニングにおける水分代謝を把握するために、体重および尿量等を測定し、これらの成績を第2図に示す。

図の上は、測定した体重の結果である。図の中空の丸印でプロットして引いた太い実線が運動負荷開始前の体重で、黒丸印が運動負荷終了後の体重をあらわしている。したがってシマ模様であらわした両者の体重差が運動により産生した総汗量ということになる。

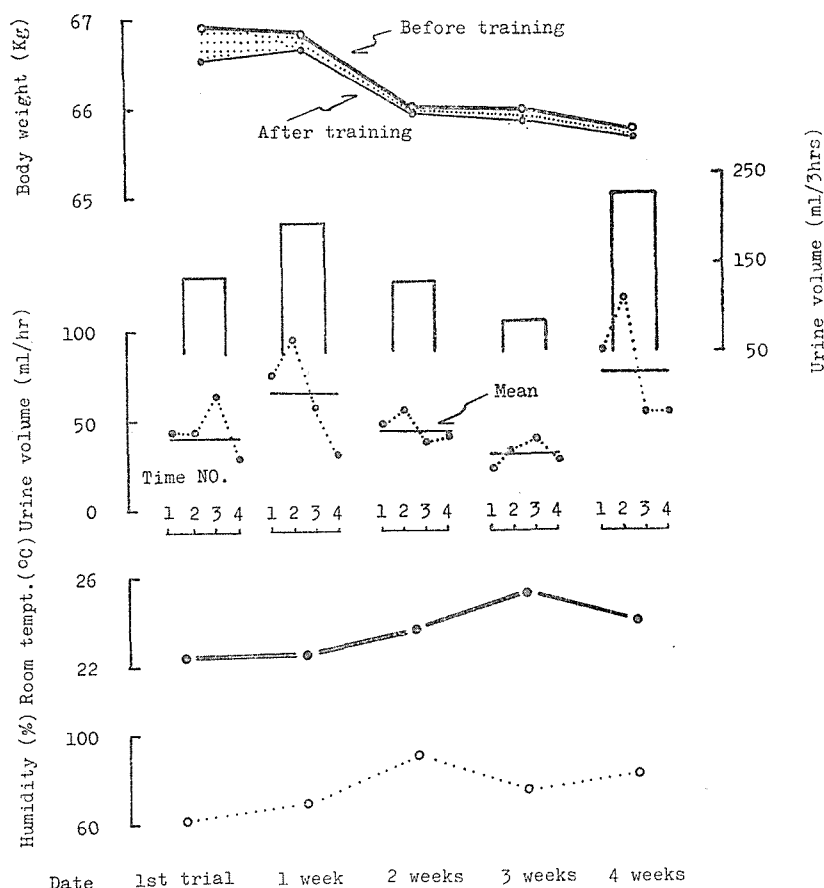


Fig. 2 Changes of body weight, urine volume, room temperature and humidity during the training at every week

まずトレーニング開始前の体重は順次低下し、2週間目にはその傾向が著しく、その低下は1日目に比べて約1Kgであった。一方、全期間を通しての総汗量の平均値は214gで、トレーニング初期において総汗量の増加がわずかにみられる程度である。

一般に広義の体力推移の指標として、運動と体重との関連から、とくに体重の増減が関与する訳であるが、図のごとく、トレーニング開始前の体重は2週間目に著明な低下を示しながら推移している。これは比較的短期間の激しいトレーニングであったため、かえって体力を消耗することになり、疲労状態にあることを示唆するものと考えられる。

図の下は、尿量についてあらわしている。尿量の1時間当りの排泄量を経時的にプロットして点線で結び、同様にその平均値を水平実線で示している。また本実験における全尿量をヒストグラムにし、さらに室温および湿度についても示してある。

図からみられる尿量の経時変化の特徴は、2～3週間目のごとき排泄変動パターンの振幅が縮小しているということである。さらに尿量の1時間当りの平均値および全尿量も低く、とくに3週間目にこの傾向が著しい。

勿論尿量は摂取水分量、あるいは環境温度、湿度等の影響すなわち汗量により左右されるが、本実験では摂取水分量を制限していること、また図の上のごとく、トレーニングにより産生された汗量も少ないことから、尿量を変化させるまでには至っていないように思われる。

### 3) 尿諸成分の変動

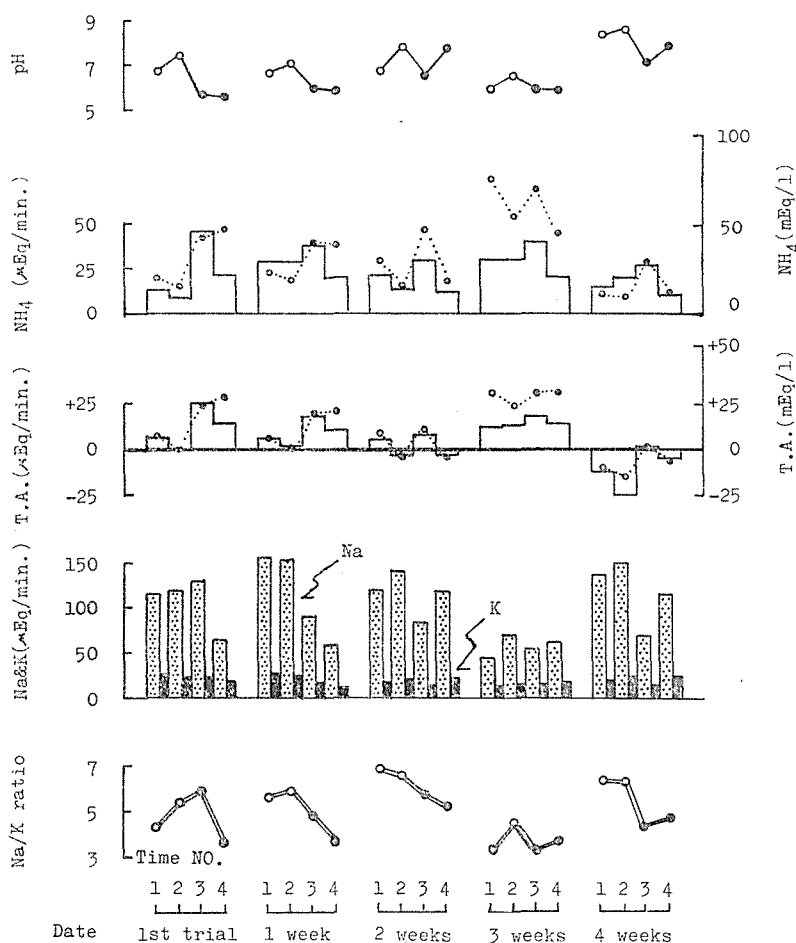


Fig. 3 Effects of the training on urinary expression of some electrolytes

第3図は連日トレーニングを行なったとき、各週における尿酸塩基の変動を観察した実験成績である。

まず pH では、トレーニングにより激しい変動がみられる。すなわち運動負荷後の採尿時にいずれも著明な低下がおきている。またトレーニングの経過による pH の変動傾向は、この経時変動を伴いながら相対的にやや上昇している。ところがこの傾向は3週間目においてはみられず、とくに経時の変動の振幅の縮小がみられる。これは尿の酸性化をおこしていることになる。これに対して丸印でプロットして示したアンモニアおよび滴定酸度濃度は3週間目の各時間域において高く、またヒストグラムであらわした分当りのアンモニアの排泄および滴定酸度も同様に増大している。



この事実から、アンモニア排泄量およびその濃度と pH との相関関係をみると、前者は $-0.629$ 、後者は $-0.783$ となり、1%の危険率で有意性を示す。すなわちアンモニア排泄量およびその濃度はいずれも pH と良好な逆相関を有し、とくに3週間目の尿は他の週のそれに比べて、pH に反映して行なわれるアンモニアの生成が増加していることになる。

次にナトリウムについてみると、ナトリウムの排泄は尿量により著しく変動するのであるが、3週間目のすべての時間域において減少している。またカリウムは各週ともトレーニングの経過につれて殆んど大差が認められない。したがって Na/K 比はナトリウム排泄の少ない3週間目に最も低い値となっている。この傾向から3週間目には副腎皮質のミネラルコルチコイドの影響も充分考えられる。

図にあらわしていないが、これらの尿中陽イオンの当量濃度 (mEq/l) を各週ごとにヒストグラムにして比べてみると、3週間目のアンモニアの占める領域が他の週のそれより大きく、その増加分はナトリウムの減少によって補われていることである。これはナトリウムとアンモニアのイオン交換の可能性を示唆するものと考えられる。

#### 4) 副腎皮質ホルモンの影響

17-OHCS 排泄量は、副腎皮質機能の指標とされていることから、その排泄量がトレーニングによりどのように影響されるかについてみたのが第4図である。

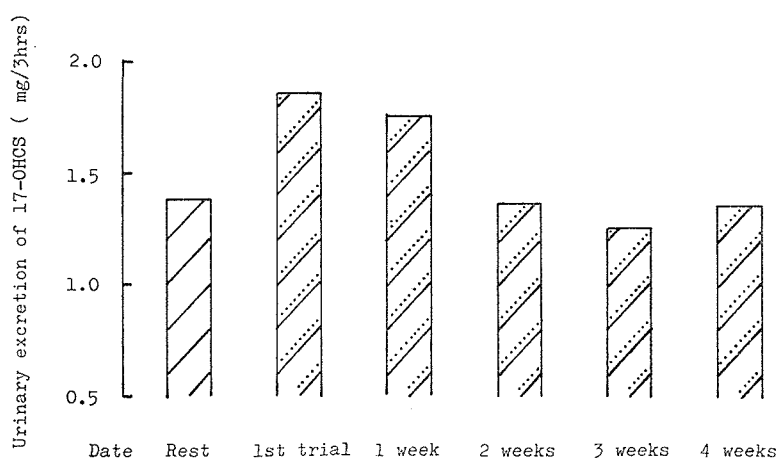


Fig. 4:A Changes in urinary excretion of 17-hydroxycorticosteroid at the whole experimental period

第4図Aは17-OHCS総排泄量の週変動を、Bは運動負荷後のその排泄量の時間変動を割合で示したものである。

図Aのごとく、17-OHCS排泄はトレーニング開始時および1週間目に最も高い値を示し、トレーニングが進むにつれその排泄は減少して安静時、すなわちトレーニング実施前の日常生活時の値にかえっている。これは運動負荷に対する身体適応徴候群のあらわれによるものと考えられる。

図Bについてみると、運動負荷後の17-OHCS排泄量の割合はいずれも著明に増加している。

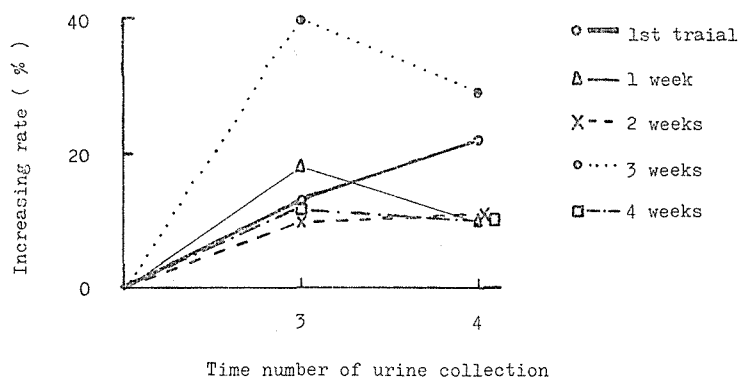


Fig. 4:B Effects of the training on urinary excretion of 17-hydroxycorticosteroid

なかでも3週間目の割合が大である。これは連日同一運動負荷であったとはいえ、経時的には強いストレッサーとなって働いたものと思われる。また3週間目の著明な増大は、心拍数変動の消長（図1参照）および尿の酸性化により強くアンモニアの分泌が増している事実から副腎皮質ホルモンの作用が強くあらわれているのではないかと考えられる。しかし、運動負荷のみならず疲労徴候が加わって、副腎皮質の作用が強く関与したかどうかについての詳細を明らかにするのは困難である。

## 考 察

規則的なトレーニングを続けたところ、一定負荷運動中の心拍数は減少し、とくにトレーニング初期の1～2週間目にその減少の傾向が大きく、安静時の心拍数もトレーニングによって少なくなっている。また心拍数の回復結果は、明らかにトレーニング効果の反映が認められた。すなわち心拍数の回復の早まりは、トレーニング度に対する心臓の効率の高まりを来したものと考えられる。

ところが、トレーニング後期の心拍数はトレーニングの前期のそれに比べて、余り進歩がみられない。これは一定負荷でトレーニングしているために効果に限界があらわれたものか、あるいはこの限界以上の新しい高い強度にしなければならないことを示唆しているかも知れない。この点については今後の研究にまつほかない。

これに対して、ここで注目すべきことは、トレッドミルの一定負荷運動を続けているにもかかわらず、3週間目の心拍数は安静座位状態では約77であり、運動終了時には175であった。そして運動中止後5分目の心拍数の回復率が64.6%となっている。この結果はトレーニングを開始してから1週間目のそれにつぐ水準となっていることである。

心臓に対するトレーニング効果において、心拍数の高まり、その回復期の水準は室温に影響されることが大きいといわれているが<sup>2)</sup>、本実験の環境温度は25℃で、湿度74.5%であり、トレーニングにより産出した汗量は125 gのわずかであった。したがって、心拍数の高まりおよびその回

復期の遅れを室温から説明することは困難である。

一方、心拍数は疲労の他覚的検査の一つにあげられ<sup>8)</sup>、猪飼<sup>9)</sup>は疲労によって運動時の心拍数の回復に遅れを生じたり、安静時の心拍数が多いこともあるとし、著者<sup>10)</sup>らはシュナイダー法による評点が低値になると疲労自覚徴候に著明な出現を起こすと報告した。また横堀<sup>10)</sup>は生体に及ぼす環境、生活および作業条件によって生体の恒常性維持の機能水準に変化した状態を疲労といい、そしてこの疲労現象は行動や活動の変化（作業能力の低下）、体験的な変化（疲労感の自覚など）および生物学的な変化によって実証できるとしている。

これらのことから、3週間目の変動パターンは恐らく現象的に疲労がその原因をなしているように推定される。

鈴木ら<sup>14)</sup>は精神神経性作業負荷時の尿量の逐日変化は順次低下し、その低下時の尿量変動パターンの振幅も縮少するという。堤ら<sup>17)</sup>も合宿練習の後期に同様の成績を認め、その低下が体重の変化ともよく一致しているという。これらは精神緊張および体力消耗による蓄積疲労のためと考えられるが、本実験のトレーニング後の時間変動および3週間目においてそれと大体一致している。また体重の減少を含めると3週間目に著明となっている。

一方環境温度および湿度については、前述のごとくここでは充分関与したとは考えられない。

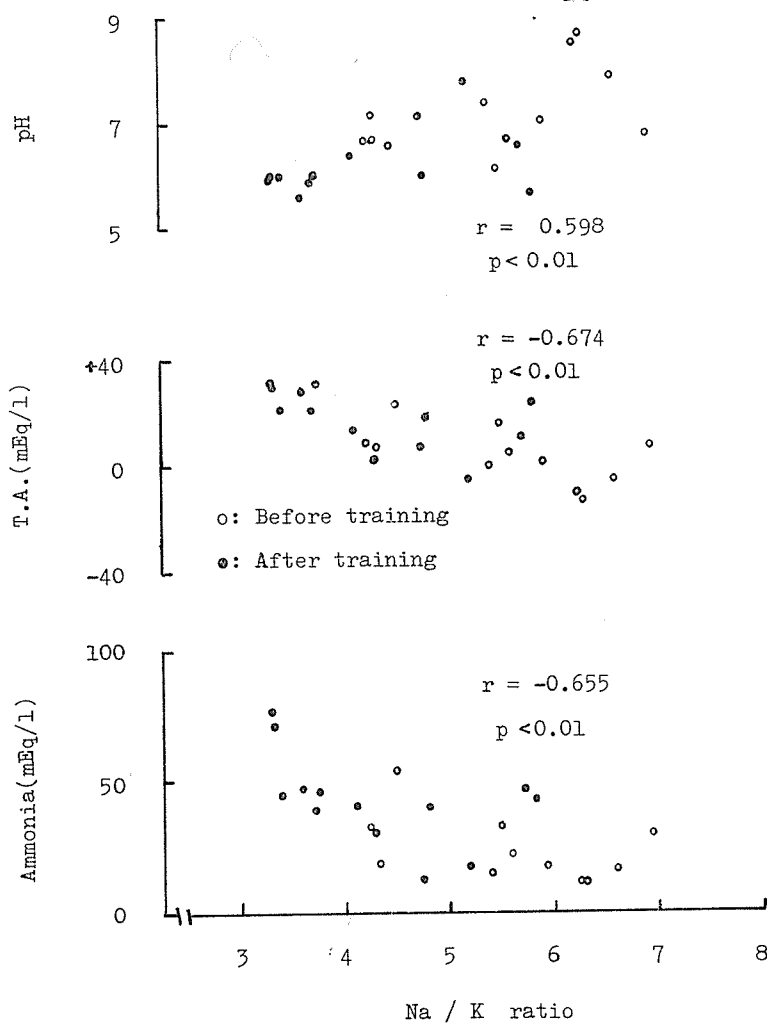
以上のことから、3週間目における心拍数の機能水準の低下、および尿量、体重の減少傾向はトレーニングなどに対する疲労の結果によるものと推定される。したがって、これが浸透圧平衡および酸塩基平衡などの生体の内部環境の調節能力に反映することも当然考えられるわけである。

生理機能の尿中電解質に対する疲労の影響については、鈴木ら<sup>14)</sup>、斉藤<sup>12)</sup>、東海林<sup>15)</sup>、森岡<sup>17)</sup>の研究がある。これによると、精神緊張によって尿中Na/K比の低下が副腎皮質ホルモン分泌の増大、生体防衛機構の増大によるとし、このことから精神疲労につながるものと示唆している。また堤ら<sup>17)</sup>も合宿練習後期に同様のことを認め、これが蓄積疲労につながったものと推定している。本実験のトレーニング中止後の3～4回採尿時の症状において同様の経過がみられ、さらに3週間目の各時間域に著明な低下の傾向を示し、トレーニングによる筋肉疲労およびそれが蓄積されたために起ったのかも知れない。

ナトリウムの排泄は尿量によって変動を示すことも、水分は再吸収された塩分に比例して受動的に動くことも知られており<sup>11)</sup>、このナトリウム排泄の低下すなわちナトリウムの再吸収が起こると、浸透のために水分も同じ割合だけ再吸収が起こる。したがって前述の尿量の低下は浸透圧平衡からみて合理的といえよう。

また再吸収されたナトリウムイオンは水素イオンまたはカリウムイオン交換の調節変化に影響して、尿中アンモニア<sup>18)</sup>および滴定酸度<sup>2)</sup>の排泄増加が認められ、pHの低下すなわちアシドーシスについても同様のことが広く認められている。これは本実験における尿pHとアンモニア、滴定酸度濃度および排泄量との間にいずれも高い逆相関を示していることから、この事実によく一致している。

第5図はNa/K比とアンモニア・滴定酸度濃度およびpHとの関係である。Na/K比は副腎皮



**Fig. 5** Relation of urinary excretion of ammonia, titratable acidity and pH to Na/K ratio in urine at the whole experimental period

質ミネラルコルチコイド機能を示す指標に用いられるが、これはアンモニア・滴定酸度濃度および pH と良好な相関関係を示している。Na/K 比の低下、すなわち副腎機能が発揮されて腎臓におけるナトリウムイオン再吸収とこれに伴うカリウムイオンおよび水素イオンの排泄が盛んになるにつれ、尿のアンモニア濃度の著明な増加、および滴定酸度濃度の増加すなわち酸性尿生成の促進を起こしている。この傾向は黒丸印のトレーニング中止後および3週間目に強い（図3参照）。

また、藤本<sup>2)</sup>、杉本<sup>13)</sup>らは犬に DCA を注射して、吉村ら<sup>21)</sup>は人体投与のその作用から、副腎皮質の働きが尿細管細胞の分泌機転に極めて大きい役割を果していることを明らかにしている。したがって本実験においても前述の成績（図5参照）および第4図Bの 17-OHCS排泄の時間的増加率の事実からもこのことを支持するものと考えられる。

このように生体内に過剰の酸が生じた場合、生体の酸塩基平衡を正常に保つための手段として、酸性尿の生成とアンモニアの分泌が促進されるように理解できる。要するにトレーニングなどによる蓄積疲労の結果、とくに酸性尿生成の促進に対しては、ミネラルコルチコイドの分泌が増し、尿細管細胞の  $\text{Na}^+-\text{H}^+$ ,  $\text{Na}^+-\text{K}^+$  交換の調節機構の変化に有力に働いたものと考えられる。

以上のことから、生体の恒常性維持の機能水準の変化が因果関係をなして循環機能に影響したものと考えられる。したがって従来著者らが実施している循環機能測定と疲労自覚徴候調査は、これらの点からみて充分活用で得るものと思われる。

## 総 括

健康な男子青年に、生体にストレスとなるような激しいトレーニングを4週間行なわせて、トレーニングが生体に及ぼす影響、特に体力、尿中電解質および酸塩基平衡に対して観察した。また疲労と体力との関係において、これがどのような関係になっているかについても検討した。

運動負荷の方法としてはトレッドミルを選び、実験におけるトレッドミル走行速度は  $240\text{m}/\text{min.}$ 、走行時間5分、トレッドミル傾斜角度0%を用いた。またトレーニング前後に採尿を行なって実験に供した。

得られた結果を要約すると次の通りである。

1) 安静時および運動中止時の心拍数は、トレーニングによって漸次低下の傾向を示し、心拍数の回復率も良好となっている。ところが、トレーニング後半の3週間目においてこれらの機能水準に変動が認められた。すなわち安静時および運動中止時の心拍数の増加、およびその回復率が低下している。

2) 尿中排泄物質の時間変動をみると、尿量、pH、ナトリウム、Na/K 比はトレーニング後に著しく低く、滴定酸度、アンモニアはトレーニング後においてやや上昇している。

またナトリウム、尿量の時間変動における振幅は3週間目に著しく縮小している。したがって総ナトリウム排泄量および総尿量は少ない。

尿中 17-OHCS 排泄量の時間変動では、トレーニング後にいずれも高く、なかでも3週間目に著しい。

3) 尿 pH に対してアンモニア排泄量およびその濃度との間に逆相関がみられた。すなわち酸性尿生成がトレーニング後および3週間目において著明となっている。

4) Na/K 比と滴定酸度およびアンモニアとの間に逆相関が、Na/K 比と pH との間には順相関が認められた。すなわちトレーニング後および3週間目において、ナトリウム排泄の低下した分に相当してアンモニア排泄の著しい増加を意味している。これは恐らく尿細管細胞を通して水素イオンとナトリウムイオンとのイオン交換が亢進したものではないかと考えられる。

5) 以上のことから、生体の内部環境の調節機構における著しい変化は疲労が原因したものと考えられ、その結果、循環機能にまで著しく影響を及ぼしたものと推定される。

これは体育研究室鳴川六司，原利一氏との共同研究によるものである。

稿を終るにあたり，測定その他に多大の労をわずらわした京都工芸繊維大学体育研究室および角春子氏に謝意を捧げます。

## 文 献

- 1) Crawford, J.D., Cushman, A. N., Parisi, A. and Terry, M. L. (1957): The Influence of Pitressin and Osmolar Excretion on Urine Water Concentration in Normal Man., J. Clin. Invest., **36**, 880
- 2) 藤本 守 (1961): 酸性尿生成機転に関する研究, 日本生理誌, **23**, 293—306
- 3) 久松栄一郎, 猪飼道夫編 (1964): スポーツ医学, XII トレーニングの生理, 体育の科学社
- 4) 猪飼道夫 (1963): 運動生理学入門, 杏林書院
- 5) 岩波真佐夫 (1958): 食物酸度と栄養生理学的意義に関する研究, (1) 食物酸度の体液酸塩基平衡におよぼす影響, 生化学, **30**, 337—346
- 6) 金井 泉 (1966): 臨床検査法提要, 改訂増補第24版, VII 血液定量的検査法, 金原出版
- 7) 森岡ゆき子 (1957): 疲労と尿中 Na および K のアンバランスについて, 生化学, **28**, 748—749
- 8) 日本産業衛生協会編 (1962): 疲労判定のための機能検査法, 同文書院
- 9) 鳴川六司, 辻 忠 (1968): 男子学生の循環機能と疲労徴候より見た健康管理について, 大外大学報, **18**, 159—168
- 10) 大原重信 (1953): 労働時の塩分代謝に関する研究, I 労働時の塩分代謝とその訓練効果, II 労働時の体内塩分の働きについて, 生化学, **25**, 283—306
- 11) Pitts, R. F. (1963): Physiology of the Kidney and Body Fluids  
藤本守訳 (1965): 腎と体液の生理, 医学書院
- 12) 斉藤一 (1959): 電解質代謝 (労働衛生方面), 第15回日本医学会総会, 186—187
- 13) 杉本順一 (1961): 腎臓のアンモニア分泌に対する副腎皮質の働きについて (腎臓のアンモニア分泌機転に関する研究第2報), 日本生理誌, **23**, 61—70
- 14) 鈴木伊豆美, 西崎亮一, 斉藤一 (1963): 精神緊張に関する生化学的研究 (第1報) 労働科学, **39**, 5, 214—237
- 15) 東海林幸子 (1961): 種々の負荷条件に対する尿 Na, K, 等量比の変動について, 東邦医学会誌, **8**, 1322—1335
- 16) 辻 忠, 鳴川六司 (1971): 女子学生の循環機能に対する疲労の影響について, 大外大学報, **25**, 107—115
- 17) 堤 達也, 黒沢利江, 後藤芳雄 (1966): 合宿練習時における尿中電解質及び 17-K. S. 排泄量, 体力研究, **8**, 195—207
- 18) 宇佐美駿一 (1957): 重労働時の蛋白代謝と Stress 学説, 筋労作の蛋白代謝に関する研究 (第4報), 日本生理誌, **19**, 468—481

- 19) 横堀 栄(1962): スポーツと疲労, 体育の科学, **12**, 130—134
- 20) 吉村寿人, 高木健太郎, 猪飼道夫(1970): 生理学大系, 適応協関の生理学, IV 運動の生理学, 医学書院
- 21) 吉村寿人, 森隆之助, 大原重信, 田中光雄, 川田輝夫, 浅田照夫, 塩見竜寿, 松田太郎, 福田正弘, 井上太郎, 平松代辰, 波多間幸信, 浦上芳達, 豊木実(1952): 副腎皮質ホルモンの人体生理作用に就いての知見補遺, 京都府医大誌, 305—313